

# 基于BIM技术与族参数化设计应用

李章海 吴晗宇 王锦涛 孟祥军 罗 涛 戴 丽\*

南通理工学院 江苏南通 226002

**【摘要】**以某高速公路工程中大跨度连续刚构桥为工程背景,探讨BIM技术在桥梁工程中的应用,并利用BIM的参数化建模方法,对桥进行了参数化设计,创建桥梁三维信息模型,动态模拟桥梁真实情况,实现了工程实例的可视化。然而结构有限元分析是BIM技术在桥梁领域实现正向设计的关键环节,而现有BIM技术无法将信息模型直接导入结构有限元软件进行精细化分析,由于桥梁BIM模型拥有丰富的构件参数,为将其应用于结构分析,找到一种方法来完成BIM模型与有限元分析的数据集成,通过基于Revit可视化编程工具,应用Python脚本进行二次开发,再通过Revit进行转换后的Midas Civil有限元模型,后续能够进行应力分析,为桥梁施工控制提供指导。

**【关键词】**BIM技术可视化; Midas Civil; 参数化建模; 连续刚构桥

**【基金项目】**南通理工学院2024届优秀毕业设计(论文)培育计划, BS202315。

## 1 引言

20世纪以来,国家大力推进基础设施建设,很多摩天大楼拔地而起,导致该行业的发展越来越迅速。道路与桥梁工程方面也是国家基建发展的大致方向,基于BIM技术的三维建模与虚拟建造将通过模型化、数字化和可视化实现对建筑全生命周期信息数据的收集、分析与共享,进而达到提高施工效率、降低工程造价等目的。随着BIM技术在建筑行业内的广泛应用,BIM行业进入高速发展期,正因如此,在BIM技术以三维信息模型为基础,并实现了构件中各种类型信息高度集成时起到了关键作用改变这一现状。BIM技术具有可视化程度高、协同能力强和信息管理方便等许多优点。再加上如今随着国家的发展,大型桥梁向着复杂结构方向发展,桥梁设计的难度也随之而逐渐增加。随着时代的发展,工程信息化的推进,通过合理设计道路桥梁能够得到结构、功能方面的统筹,使道路桥梁的技术性能更加合理,使用寿命得以保证,这是道路桥梁参数化建模的基本功能与意义,而参数化的设计是BIM技术最重要的部分。在实

际项目中,桩尺寸往往与族库初设参数有所不同,因此需要对载入的桩族进行尺寸调整。桩族可通过其内置程序进行自动修改,改变任何一个数据,其他相应数据便会随之变动。这样,一方面可以确保该模型包含每一个构件的几何尺寸、材质等信息;另一方面,Revit之间的信息交互是基于属性和构件之间的逻辑关系而进行的,通过逻辑关系改变模型形状,更能提高模型的适用性。

## 2 BIM技术发展情况

BIM技术最初是在美国被引入的,而现在,美国的BIM技术已经站在了世界的前沿。其代表着一种新时代的建筑模式,这种全新的建筑设计理念和设计方法正在改变我们的生活方式。在信息技术现代化的发展过程中,诞生出很多新兴的科技技术和公司。在20世纪初期,美国的一家软件公司首次提出了信息模型这一概念,并在两年后,该公司便推出了其核心软件,这款软件是全球最早也是应用最广泛的BIM软件,为BIM技术的进一步应用和发展奠定了坚实的软件基础。

时间	名称	内容
2007年	UnitedStatesTMVersion1	这主要提供了一种电子数据分类的手段,有助于提高信息交流的效率,并进一步加强各参与方之间的合作与协同。
2012年	UnitedStatesTMVersion2	第一版经过了大量的补充和扩充,新增了相应的OCCS-Omni Class信息分类体系。
2015年	UnitedStatesTMVersion3	在整个建设阶段,我们纳入了信息交流的准则,并对第二版的内容进行了标准化处理。

图1 不同版本的BIM规范

在2007-2015年的时间段内，美国政府推出了全国BIM标准（NBIMS）的三个不同版本，具体内容见下方图1。《BIM规范》的推出，进一步完善了美国的BIM规范体系，为BIM技术的进步注入了强大的动力。（见图1）

而BIM在我国的发展非常缓慢，我国在BIM技术的应用上仅有十几年的历史，很多企业对BIM技术持有误区。在大多数企业看来，BIM技术仅仅是一个能够创建三维模型的软件工具，并不能为实际的工程项目带来实质性的价值。然而，这种误解与BIM技术的真正含义存在很大的差异。BIM技术的运用不只是为了从二维向三维的过渡，它同时也代表了数据的集中、知识的共享以及信息的相互交流，在2011年和2016年，住建部发布的《2011~2015年建筑业信息化发展纲要》、《2016~2020年建筑业信息化发展纲要》中均明确指出，要大力推进BIM技术在全国范围内的应用，促进BIM技术在全国范围内的推广，我们鼓励全国的相关单位和企业深入研究和应用BIM技术，这样可以全面提高我国建设的信息化水平，并加快BIM信息技术在建设行业的普及和应用。2019公布的新规范从2020年1月开始正式执行。此文件的推出和执行旨在加速BIM技术在公路桥梁项目中的应用，为BIM技术在公路设计领域的应用提供了有力的参考，进而推动桥梁工程在各个阶段的和谐进展，并提升我国公路工程的整体质量与收益。

### 3 BIM参数化建模平台研究

#### 3.1 BIM技术流程

BIM最初被定义为Building Information Model，后来改为Building Information Modeling。其中，Model指代静态的模型，而Modeling则指动态的过程。BIM是项目全生命周期中将物理和功能属性以数字形式表示，并用于项目设计和施工等方面的总称。在建模过程中，每个零件都包含大量信息，例如准确尺寸、材料属性和施工过程等。BIM不

仅仅是一种软件，也不只是3D建模技术，而是由一系列数据组成的工作流程。在设计阶段，BIM技术可以有效整合有利资源，并以3D方式展现建筑形态和结构风格，从而减少设计错误。与传统施工方法相比，在设计阶段应用BIM技术具有显著优势，其核心在于对每个构件进行三维参数化表示。当BIM技术最初被引入时，它的主要目标是创建一个虚拟化的建筑模型，并进行仿真模拟。这种技术还具有可视化特性，使得各种建筑方案的调试和量化分析变得更为简便，进而帮助我们更科学地规划建筑材料，减少资源浪费，并提高整体的工程效率。BIM应用的最终目的是达到适用于项目全专业全生命周期，并且可以为项目解决服务问题的信息集成平台。随着BIM技术的不断进步，它在工程领域的作用已经远远超越了之前的描述。在企业领域，BIM技术已经与企业管理系统、技术部门以及其他各类信息系统实现了深度融合和协同工作，从而推动了智能化工程管理的实现。因此，我们可以断言，现代BIM技术的应用已经催生了建筑业的深刻变革。BIM技术协调性如图2所示。

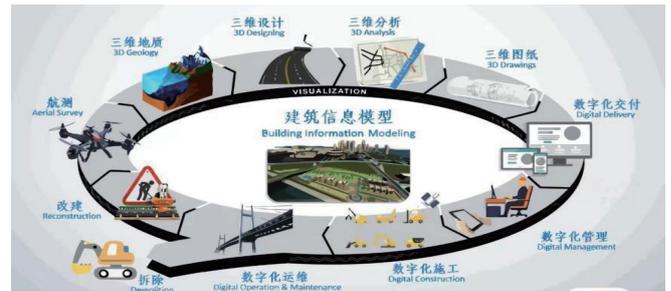


图2 BIM全生命周期应用

#### 3.2 BIM建模平台分析

在选择桥梁BIM应用平台时，需要综合考虑多个方面。通过对国内常见地BIM应用软件（如Revit、AutoCAD、Civil3D和Navisworks）特性的了解，并结合本研究目标，最终确定选择Autodesk平台更为适合。

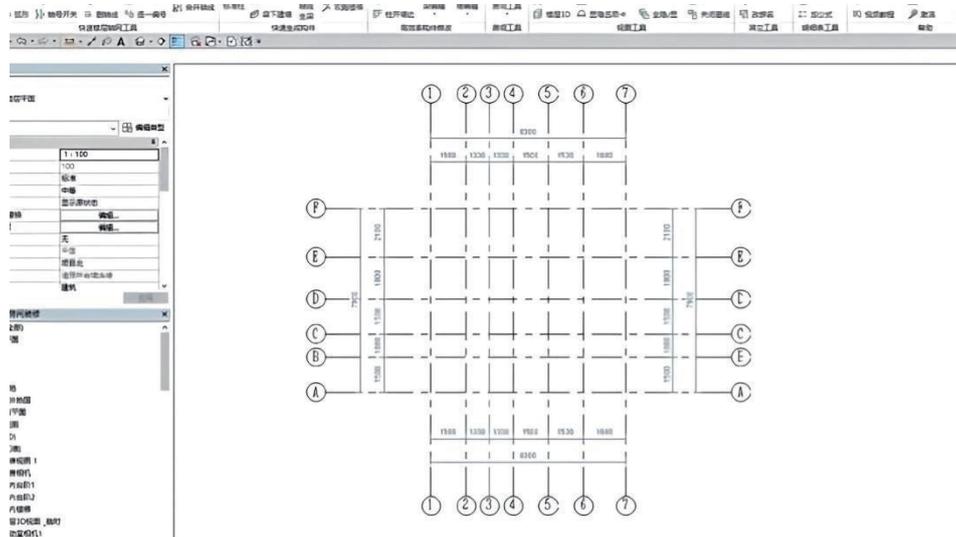


图3 Revit 用户界面

首先, Revit与AutoCAD的用户界面模块和功能模块相似, 使其学习和应用更加便利。其次, Revit具有较低的学习成本和难度小的特点, 并且资源丰富, 使用者适应性强; 作为专门为BIM而开发的软件, 在所有设计过程中能够快速方便地修改设计要素, 从而实现自由高效的设计(图3显示了Revit用户界面)。然而, 在公路、市政、桥梁等专业领域中仍存在一些不足之处。我们正在深入研究并进行部分二次开发以实现桥梁等附属工程和设施的模型创建。最后, Autodesk平台提供了优秀实用的路桥领域设计模块, 并且Revit软件还提供了丰富的API接口可进行二次开发, 极大地提高系统参数化建模和模型处理效率。(见图3)

#### 4 基于BIM平台的对桥的参数化建模

##### 4.1 Revit族参数化设计原理

通过C++编程语言编译程序, 利用RevitPi接口来运行程序, 创建自锚试桩基族插件, 建立BIM模型, 对Revit中桩基础族库进行补充。首先, 在VS2017中的解决方案管理器下添加一个新的类, 添加RevitPi.dll和RevitAPIUI.dll的引用, 引用RevitPi的命名空间和Windows控件的命名空间以及定义外部命令的属性。其次, 创建一个新的类, 从IExternalCommand接口派生, 通过外部命令的方式进行Revit中自锚试桩参数化设计功能的扩展。最后, 重载Execute()函数, 添加所需功能的代码, 并进行编译和调试, 将生成的动态链接文件转到相应路径, 实现插件功能。Revit二次开发流程如图4所示。

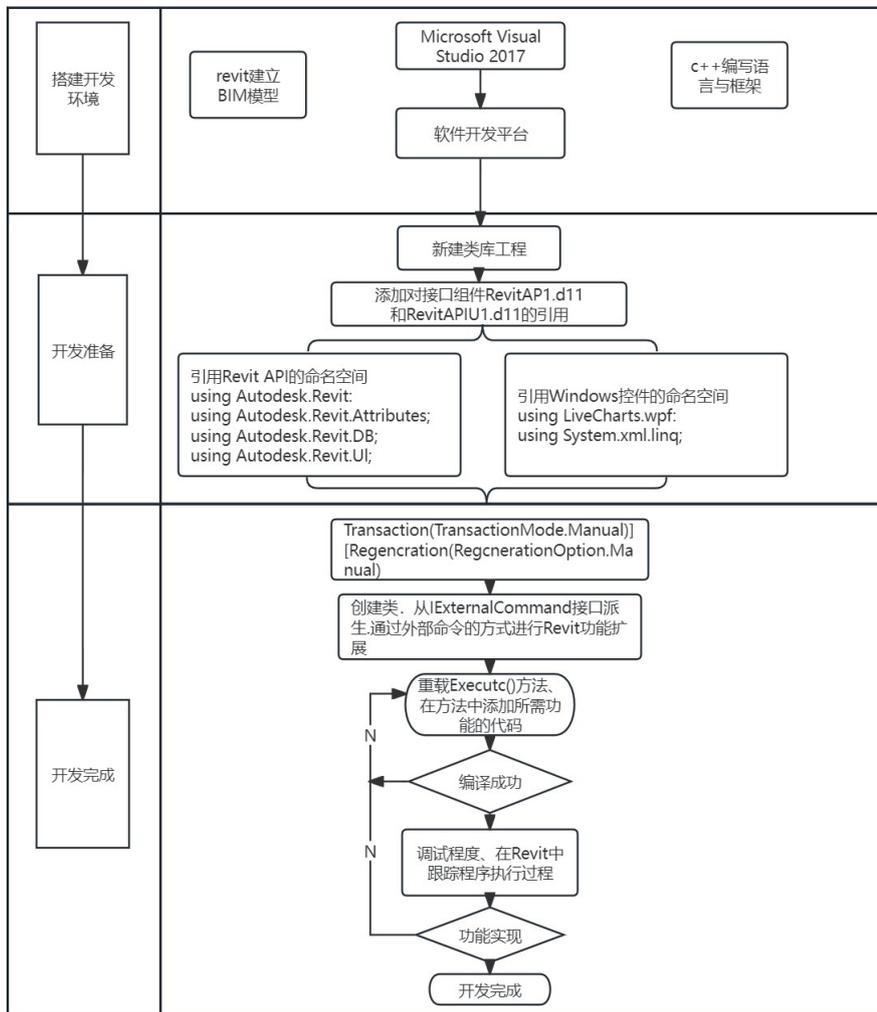


图4 Revit二次开发流程图

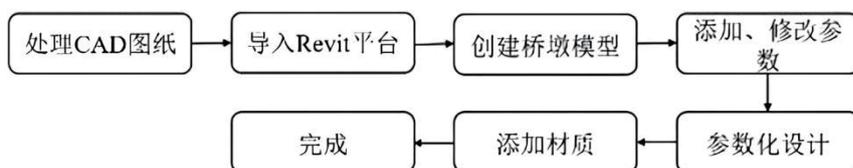


图5 Revit参数化建模思路

## 4.2 Revit参数化建模流程（见图5）

4.2.1对于CAD图纸的初步处理，我们首先进行专业性地进行操作，并通过软件间

接将其导入Revit中。

4.2.2然后通过依据桥梁的构件特征，在族库中匹配相对合适的参数化族；

4.2.3在模型创建过程中，可以选择适当的操作，如拉伸、放样、融合和旋转等功能。

4.2.4最后通过对模型进行添加、修改参数等操作来达到参数化设计的目的，以及添加所相对应需要的材质完成参数化建模。

桥梁模型如图6所示

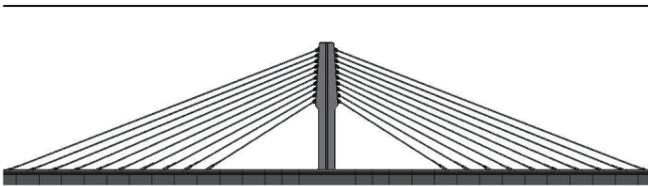


图6 全桥模型

## 4.3 Revit与Midas模型参数化转换

Midas Civil软件不仅允许用户通过读取MCT命令流来自动并高效地创建模型，而且还为用户提供了一个图形化的画面，允许他们直接输入模型的几何信息来创建各自想要的模型。而且为了方便建立和修改三维结构体或构件，我们将该系统扩展到二维空间中去，以提高其通用性和灵活性。借助Revit的可视化编程工具，我们有能力在关键节点上使用Python进行编程操作。这样就将复杂而繁琐的建模过程简化为简单的绘图过程。另外，我们将建立好的有限元模型保存到本地数据库中，以便于以后使用，通过启动Midas Civil软件执行MCT命令流文件，成功地生成了特定桥梁的有限元模型，如图7所示。

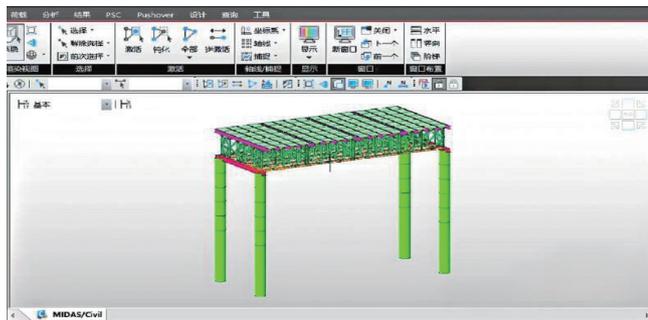


图7 基于BIM技术的特定桥Midas有限元模型

### 结束语

针对当前BIM技术在桥梁领域实现正向设计过程中数据交换困难的问题，通过基于Revit与Midas Civil的桥梁结构模型，梳理两者对于结构分析信息的描述方式，建立了相关

属性与参数的映射关系。提出了BIM模型向有限元模型的快速转换方法，其主要流程为基于Revit可视化编程工具的二次开发，首先分析全桥模型中主要结构的属性信息，再将其BIM参数转换为有限元分析所需的数据，输出为Midas Civil能读取的命令流，实现自动创建桥梁上结构有限元模型。最后同过工程实例对提出的转换方法进行实际应用。结果表明，该方法可以实现BIM模型向有限元分析模型的快速转换，提高工作效率，推动BIM技术在桥梁结构设计中的正向应用。依据设计规则或施工流程进行分阶段、分工况的自我开发使用，本数据转换的技术路线应用场景广泛。所以无论是利用Revit进行建模，还是基于BIM的斜拉桥参数化设计及二次开发应用研究开发Revit API，其终极目标均在通过这种方式提升设计人员的工作效率，使他们摆脱单调重复的工作。通过以上研究表明，在桥梁工程建设中广泛应用BIM技术具有巨大前景，可为工程建设节省时间成本和降低操作失误等带来影响，并产生显著经济效益。此外，由于存在信息代沟的问题普遍的存在在各个有限元分析软件之间，此方案大大提高了桥梁结构建模效率和各个分析软件之间的转换效率和。利用BIM族的参数化开发分析技术，我们可以为桥梁结构的自由化提供有力的参考，并为相似的研究课题提供有价值的模型互动方式，这具有很大的启示意义。

### 参考文献：

- [1]周枫. BIM技术在矮塔斜拉桥中的参数化设计方法及应用研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2021.
- [2]邵文文. BIM主流平台对传统公路行业改革的技术探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(04): 154-155.
- [3]吴伟, 叶凌. 美国建筑行业BIM发展浅析[J]. 建设科技, 2018(23): 89-94.
- [4]郑国勤, 邱奎宁. BIM国内外标准综述[J]. 土木工程信息技术, 2012, 4(01): 32-34.
- [5]曹超男, 胡国祥, 王壮飞, 等. 重大交通基础设施项目信息化管理GIS与BIM融合方法探讨[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(02): 61-63.
- [6]梁琪. BIM思维下复杂异形结构参数化设计与有限元分析[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2020.
- [7]李正农, 朱爱民, 吴红华, 等. 基于Revit的二次开发在脚手架设计中的应用研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2018, 45(9): 65-73.
- [8]贾诗颖. 基于Revit的独立基础参数化设计的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2018.
- [9]兰南, 刘天成, 曲强龙, 等. 预应力混凝土桥梁BIM + FEM一体化分析[J]. 公路, 2019, 64(9): 22-26.